PENGARUH PEMANFAATAN FILTER UDARA BERBAHAN ZEOLIT TERAKTIVASI FISIK MENGGUNAKAN *Microwave* TERHADAP PRESTASI SEPEDA MOTOR BENSIN 4-LANGKAH

(Skripsi)

Oleh

TATA KURNIAWAN

FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG

2019

ABSTRAK

PENGARUH PEMANFAATAN FILTER UDARA BERBAHAN ZEOLIT TERAKTIVASI FISIK MENGGUNAKAN *Microwave* TERHADAP PRESTASI SEPEDA MOTOR BENSIN 4-LANGKAH

Oleh

Tata Kurniawan

Udara atmosfer mengandung berbagai macam gas seperti nitrogen 78%, oksigen 21%, dan 1% gas lainnya. Hal tersebut dapat menyebabkan pembakaran tidak sempurna sehingga terjadi penurunan prestasi mesin. Karena komposisi utama proses pembakaran adalah bahan bakar dan oksigen. Akan tetapi, permasalahan tersebut dapat dikurangi dengan cara pemanfaatan filter udara berbahan zeolit teraktivasi fisik *microwave* yang meningkatkan kualitas udara pembakaran. Zeolit merupakan jenis batuan yang mampu mengadsorb (menangkap) partikel berukuran *molecular* atau *angstrom* seperti uap air dan nitrogen di udara. Upaya untuk meningkatkan daya adsorb zeolit ini dapat dilakukan dengan mengaktivasinya secara fisik menggunakan *microwave*, sehingga dengan mengontakkan udara pembakaran pada zeolit akan dihasilkan udara yang kaya oksigen. Prestasi mesin sepeda motor bensin 4 langkah dikatakan bagus apabila terjadi penurunan konsumsi bahan bakar, mampu meningkatkan akselerasi, dan mereduksi emisi gas buang yang mengandung CO dan UHC.

Untuk mengetahui pengaruh pemanfaatan filter zeolit terhadap prestasi mesin, dilakukan 4 pengujian yaitu pengujian berjalan pada kecepatan 60 km/jam sejauh 5 km, uji stasioner pada 2500 dan 5000 rpm, uji akselerasi pada 0–80 km/jam, serta uji emisi pada 1500, 2500, dan 5000 rpm menggunakan filter terbaik dari ketiga pengujian sebelumnya. Sebelum digunakan zeolit diaktivasi menggunakan *microwave* dengan daya 80%, waktu 3, 6, dan 9 menit. Pengujian dilakukan hanya

menggunakan filter dengan kerapatan pelet 75%. Kemudian setelah mendapatkan waktu terbaik 6 menit, zeolit diaktivasi pada daya 80%, 60%, dan 40% selama 6 menit. Variasi kerapatan pelet (variasi jumlah pelet) yang digunakan saat pengujian adalah 50%, 75%, dan 100%.

Waktu aktivasi 6 menit mampu menghemat uji jalan sebesar 7,28%, dan 5,84% pada uji stasioner rpm 5000, sedangkan pada aktivasi 3 menit mampu menghemat 6,72% uji berjalan, dan sebesar 8,86% pada uji stasioner rpm 2500. Semakin besar daya aktivasi maka konsumsi bahan bakar dan akselerasi semakin baik. Pada pengujian jalan daya 80% mampu menghemat bahan bakar pada jumlah pelet 100% sebesar 10,03%. Kerapatan pelet mampu mempengaruhi prestasi mesin kendaraan. Kerapatan pelet 100% paling tinggi menghemat bahan bakar pada uji berjalan yaitu sebesar 10,03%. Sementara itu, kerapatan pelet 75% mampu menghemat 11,88% pada uji stasioner 2500 rpm. Kerapatan pelet 50% mampu meningkatkan akselerasi sebesar 6,16%. Penurunan kadar HC terbaik yaitu pada 1500 rpm yaitu sebesar 8,33 ppm (lebih kecil 13,37%). Sementara itu, penurunan kadar CO terbaik terjadi pada 2500 rpm sebesar 0,02% (lebih kecil 5,39%), serta kenaikan kadar CO_2 pada 1500 rpm sebesar 0,08% (lebih besar 5,07%).

Kata kunci: Zeolit, teraktivasi fisik menggunakan *microwave*, prestasi mesin sepeda motor.

PENGARUH PEMANFAATAN FILTER UDARA BERBAHAN ZEOLIT TERAKTIVASI FISIK MENGGUNAKAN *Microwave* TERHADAP PRESTASI SEPEDA MOTOR BENSIN 4-LANGKAH

Oleh

TATA KURNIAWAN

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat Mencapai Gelar

SARJANA TEKNIK

Pada

Jurusan Teknik Mesin

Fakultas Teknik Universitas Lampung

FAKULTAS TEKNIK

JURUSAN TEKNIK MESIN

UNIVERSITAS LAMPUNG

2019

Judul Skripsi	:PENGARUH PEMANFAATAN FILTER UDARA BERBAHAN ZEOLIT TERAKTIVASI FISIK MENGGUNAKAN *Microwave* TERHADAP PRESTASI SEPEDA MOTOR BENSIN 4-LANGKAH
Nama Mahasiawa	: Tata Kurniawan
Nomor Pokok Mahasiswa	: 1315021061
Jurusan	: Teknik Mesin

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing

Ir. Herry Wardono, M.Sc., IPM	**M. Dyan Susila ES, ST., M.Eng**
NIP. 19660822 199512 1 001	NIP. 19801001 200812 1 001

2. Ketua Jurusan Teknik Mesin

Ahmad Su'udi, S.T., M.T.
NIP. 19740816200012 1 001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

   Ketua Penguji : Ir Herry Wardono, M.Sc., IPM. .....

   Anggota Penguji : M. Dyan Susila ES., S.T., M.Eng. .....

   Penguji Utama : Amrizal, S.T., M.T., Ph.D. .....

2. Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung

Prof. Drs. Suharno, M.Sc., Ph.D.
NIP. 19620717 198703 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 8 Oktober 2019

PERNYATAAN PENULIS

TUGAS AHIR INI DIBUAT SENDIRI OLEH PENULIS DAN BUKAN HASIL PLAGIAT SEBAGAIMANA DIATUR DALAM PASAL 27 PERATURAN AKADEMIK UNIVERSITAS LAMPUNG DENGAN SURAT KEPUTUSAN SURAT REKTOR No. 3187/H26/DT/2010

YANG MEMBUAT PERNYATAAN

TATA KURNIAWAN
NPM. 1315021061

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Desa Restu Baru, Kecamatan Rumbia, Kabupaten Lampung Tengah pada 5 Juni 1994. Penulis merupakan anak ke dua dari dua bersaudara dari pasangan Bapak Tukiran dan Ibu Sumarti. Penulis menyelesaikan pendidikan Sekolah Dasar di SD N 1 Restu Baru Kecamatan Rumbia, pada tahun 2007, menyelesaikan pendidikan Sekolah Menengah Pertama di SMP N 1 Rumbia Kecamatan Rumbia, pada tahun 2010, dan menyelesaikan Pendidikan Sekolah Menengah Atas di SMA N 1 Rumbia pada tahun 2013. Penulis melanjutkan pendidikan di Universitas Lampung pada tahun 2013, melalui jalur undangan SNMPTN Program Studi Teknik Mesin Universitas Lampung. Selama menjadi Mahasiswa penulis aktif dalam organisasi Himpunan Mahasisiwa Teknik Mesisn Unila (HIMATEM) sebagai Ketua Bidang LITBANG, pada saat aktif menjadi mahasiswa penulis aktif mengikuti Program Kreativitas Mahasiswa PKM, dimana penulis pernah lolos pendanaan PKM sebanyak empat kali, dengan masing masing judul *Mass Angkong*, *Gledekan Corn*, *Grejrotan Rantai* dan *Digitek Bensin Eceran.*

Kemudian penulis juga aktif mengikuti perlombaan tingkat Daerah, Nasional dan Internasional. Pada saat mengikuti lomba daerah penulis memperoleh Juara tiga , empat dan lima Bappeda Lampung Tengah, Juara lima dua kali lomba Batlibangda Provinsi Lampung. Selain itu penulis aktif dalam Komunitas Kreativitas Unila ”KUKIS UNILA” dan “Moran Team Unila”. Pada saat aktif di Kukis Unila dan Moran Team penulis aktif dalam pembuatan dan perancangan mobil hemat energi, meliputi *Prototype Bensin, Prototype Listrik, Urban Bensin,* dan *Prototype Disel.* Kemudian penulis dua kali mengikuti Kontes Mobil Hemat Energi (KMHE) Indonesia pada tahun 2016 dan tahun 2017, yang diselenggarakan Kemenristek Dikti dan kerja sama dengan Universitas Gadjah Mada dan Institut Teknologi Sepuluh November Surabaya Selain itu penulis pernah mengikuti perlombaan mobil hemat energi tingkat Asia, Australia, dan Afrika, *Shell Eco Marhaton Asia* yang diselenggarakan di Singapura pada tahun 2018.

Selain itu, untuk syarat menyelesaikan Studi S1 penulis melakukan kerja Praktek di PT. Semen Batu Raja Panjang, dengan judul kerja praktek “Perhitungan Ulang Dimensi Poros Pada *Cement Mill* 45-MI-01 di PT. Semen Batu Raja (Persero) Tbk. Bandar Lampung, kemudian penulis melakukan kuliah kerja nyata KKN di Desa Buyut baru, Kecamatan Seputih Raman, Kabupaten Lampung Tengah pada tahun 2017. Penulis menulis Skripsi yang berjudul “Pengaruh Pemanfaatan Filter Udara Berbahan Zeolit Teraktivasi Fisik Menggunakan *Microwave* Terhadap Prestasi Sepeda Motor Bensin 4-Langkah” dibawah bimbingan Bapak Ir.Herry Wardono M.Sc. IPM. dan M. Dyan Susila S.T., M.Eng.

Motto

Awali dengan bissmilah akhiri dengan alhamdulilah

Jangan takut salah sebelum anda melakukanya hal tersebut

Seng penting yakin (yang penting yakin) dalam segala hal

Dan barang siapa yang bertakwa kepada allah, niscaya allah akan menjadikan baginya kemudahan dalam urusanya (Q.S At-Talaq: 4)

Dengan mengucapkan

Bismillahi rohmanir rohim

kupersembahkan karya kecil ini untuk:

Kedua orang tuaku tercinta

Bapak Tukiran dan Ibu Sumarti

Kakaku tersayang

Mega kurniawati dan Mohamad Rojab

Adik tercinta

Rizkia aidil rega ardiansyah

Almamater tercinta

Teknik Mesin universitas Lampung

SANWACANA

Alhamdulilahi Robbil ‘Alamin, puji syukur kepada Allah SWT yang telah melimpahkan Rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi ini dengan lancar dan selalu diberi kemudahan. Sholawat serta salam semoga selalu tercurah kepada banginda Nabi Muhammad Rasulullah SAW, yang rahmatnya bisa dirasakan sampai sekarang, sehingga penulis bisa menyelesaikan Studi S1 dengan lancar.

Skripsi yang berjudul “Pengaruh Pemanfaatan Filter Udara Berbahan Zeolit Teraktivasi Fisik Menggunakan *Microwave* Terhadap Prestasi Sepeda Motor Bensin 4-Langkah” adalah syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Fakultas Teknik, Universitas Lampung.

Penulis menyadari bahwa terselesaikanya penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terimakasih tulus kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Suharno, M.Sc., selaku Dekan Fakultas Teknik Universsitas Lampung.
2. Bapak Ahmad Suudi, S.T., M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung.

3. Bapak Ir. Herry Wardono, M.Sc., selaku pembimbing I yang telah memberikan tugas akhir kepada penulis serta bersedia meluangkan waktunya untuk membimbing dan mengarahkan serta, memberikan perhatian sehingga penulis dapat menyusun skripsi dengan baik dan menyelesaikan studi S1.
4. Bapak Dyan Susila S.T., M.Eng., selaku pembimbing II yang telah meluangkan waktu untuk membimbing saya kemudian memberi masukan untuk menyelesaikan skripsi lebih baik dan membantu menyesaikan Studi S1.
5. Bapak Dr. Amrizal, S.T., M.T., selaku Dosen pembahas yang memeberikan saran masukan dan saran yang membangun agar penulisan Skripsi.
6. Bapak ibu dosen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Lampung, yang telah memberi bekal ilmu pengetahuan penulis sehingga penulis mampu menyelesaikan pogram Studi S1.
7. Kedua orangku tercinta, Bapak Tukiran dan Ibu Sumarti atas perhatian, semangat dan doa yang terus diberikan demi kesuksesan untuk dapat menyelesaikan Skripsi dan Studi S1.
8. Kedua kakakku tercinta, Mas Rojab, Mbak Mega, dan Ponakan Rega yang selalu memberi masukan, semangat dan doa yang terus menerus, sehingga penulis mampu menyelesaikan pogram Studi S1.
9. Rully Yosita, S.P., M.Si., yang telah membantu menyelesaikan penyusunan skripsi dan selalu memberi semangat untuk menyelesaikan Studi S1.
10. Mas Andik, yang telah membantu melakukan pengujian dan terus memberi semangat untuk meyelesaikan penyusunan Skripsi serta menyelesaikan Studi S1.

11. Adik adik dan kawan kawan di Moran Team dan Kukis Unila, Eko, Hap, Farid, Feri, Adi, Aji, Putu, Tio, Angga, Didi, Arep, Wahyu, Bambang, dan kawan-kawan lainya yang tidak bisa disebutkan satu-satu, yang telah memberi semangat dan masukan untuk meneyelesaikan Skripsi dan Studi S1.
12. Teman teman seperjuangan Angkatan 2013, yang tidak dapat disebut satu-persatu. Semoga kebersamaan kita selama ini selalu menjadi kenangan indah.
13. Kakak Tingkatku, Ali Mustofa S.T., Adi Yusuf, S.T., mbak Anisa yang selama ini selalu mememberi masukan dan semangat untuk menyelesaikan Studi S1.
14. Mas Agus, Mas Nanang, Mas Marta, dan Mas Dadang, terimakasih atas bantuan selama ini.
15. Kawan-kawan seperjungan Lab. Motor Bakar, Binto, Abdul Aziz, Weldy, terimakasih bantuan dalam proses pengerjaan skripsi.
16. Almamater Universitas Lampung tercinta yang telah mendewasakanku.
17. Semua pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan skripsi.

Penulis sadar bahwa dalam penulisan ini masih banyak kekeliruan dan kekurangan, namun penulis memiliki harapan agar skripsi yang sederhana ini dapat memberi inspirasi dan berguna bagi kalangan civitas akademik maupun masyarakat Indonesia.

Bandar Lampung, 18 Oktober 2019

Penulis

Tata Kurniawan

NPM. 1315021061

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI ..... **iv**

DAFTAR GAMBAR ..... **vi**

BAB I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang 1

B. Tujuan 4

C. Batasan Masalah 4

D. Sistematika Penulisan 5

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Motor Bakar 7

B. Jenis Sistem Pembakaran Motor Bakar 7

C. Mesin Bensin 8

D. Proses Pembakaran 12

E. Indikator Prestasi Mesin 13

F. Emisi Gas Buang 14

G. Filter Udara Kendaraa Bermotor 17

H. Zeolit 19

I. Aktivasi Zeolit 21

J. *Microwave* 22

BAB III. METODOLOGI PENELITIAN

A. Alat Penelitian 25

B. Bahan Penelitian 33

C. Persiapan Alat dan Bahan 34

D. Prosedur Pengujian 35

E. Lokasi Pengujian 41

F. Analisis Data 41

G. Diagram Alir Penelitian 42

BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil 44

B. Pembahasan 61

BAB V. SIMPULAN DAN SARAN

A. Simpulan 65

B. Saran 67

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Mesin bensin 9
Gambar 2. Langkah hisap 10
Gambar 3. Langkah kompresi 10
Gambar 4. Langkah pembakaran 11
Gambar 5. Langkah buang 12
Gambar 6. Emisi gas buang kendaraan 15
Gambar 7. Filter udara kendaraan 18
Gambar 8. Zeolit 19
Gambar 9. *Microwave* 23
Gambar 10. Sepeda motor Honda Beat 26
Gambar 11. Stargas 898 *Analyzer* 26
Gambar 12. Timbangan digital 27
Gambar 13. Tumbukan zeolit 27
Gambar 14. Ayakan 28
Gambar 15. Ampia 28
Gambar 16. *Stopwatch* 29
Gambar 17. Kompor listrik 29
Gambar 18. *Microwave* 30
Gambar 19. Cetakan filter pelet 30
Gambar 20. Wadah filter pelet 31
Gambar 21. Tangki bahan bakar 31
Gambar 22. Gelas ukur 32
Gambar 23. *Tacometer* 32
Gambar 24. Zeolit *clipnotilite* 33
Gambar 25. Tepung tapioka 33

Gambar 26. Air mineral 34

Gambar 27. Diagram alir penelitian 43

Gambar 28. Pengaruh waktu (3,6, dan 9) aktivasi fisik *microwave* dengan daya 80% (jumlah pelet zeolit 75%) terhadap konsumsi bahan bakar uji jalan 5 km dengan kecepatan 60 km/jam 45

Gambar 29. Pengaruh waktu (3,6, dan 9) aktivasi fisik *microwave* dengan daya 80% (jumlah pelet zeolit 75%) terhadap konsumsi bahan bakar uji stasioner rpm 2500 dan rpm 5000 dengan waktu 5 menit 47

Gambar 30. Pengaruh waktu (3,6, dan 9) aktivasi fisik *microwave* dengan daya 80% (jumlah pelet zeolit 75%) terhadap waktu tempuh pada uji akselerasi 0-80 km/jam 49

Gambar 31. Pengaruh daya (40%, 60%, dan 80%) dengan waktu aktivasi fisik *microwave* 6 menit serta jumlah pelet (50%, 75%, dan 100%) terhadap konsumsi bahan bakar uji jalan 5 km dengan kecepatan 60 km/jam 51

Gambar 32. Pengaruh daya (40%, 60%, dan 80%) dengan waktu aktivasi fisik *microwave* 6 menit serta jumlah pelet (50%, 75%, dan 100%) terhadap konsumsi bahan bakar uji stasioner rpm 2500 dengan waktu 5 menit 53

Gambar 33. Pengaruh daya (40%, 60%, dan 80%) dengan waktu aktivasi fisik *microwave* 6 menit serta jumlah pelet (50%, 75%, dan 100%) terhadap konsumsi bahan bakar uji stasioner rpm 5000 dengan waktu 5 menit 53

Gambar 34. Pengaruh daya (40%, 60%, dan 80%) dengan waktu aktivasi fisik *microwave* 6 menit serta jumlah pelet (50%, 75%, dan 100%) terhadap waktu tempuh pada uji akselerasi 0-80 km/jam 55

Gambar 35. Pengaruh filter zeolit terhadap emisi gas buang gas karbon monoksida (CO) kendaraan uji 57

Gambar 36. Pengaruh filter zeolit terhadap emisi gas buang gas hidro karbon (HC) kendaraan uji 59

Gambar 37. Pengaruh filter zeolit terhadap emisi gas buang gas karbon dioksida (CO_2) kendaraan uji 60

BAB I.
PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Peningkatan konsumsi energi yang melanda banyak negara di dunia merupakan konsekuensi dari peningkatan jumlah kendaraan akibat semakin bertambahnya jumlah penduduk. Indonesia adalah salah satu negara dengan jumlah penduduk terbesar ke-4 di dunia yang mengalami masalah kebutuhan energi. Kebutuhan minyak di Indonesia saat ini belum terpenuhi, karena produksi minyak sebesar 885 ribu barel/hari sedangkan kebutuhan minyak Indonesia yaitu 1,3 juta barel /hari (Kementrian ESDM, 2018).

Pada tahun 2018, total volume kendaraan bermotor di Indonesia berjumlah 162,3 juta, pada tahun tersebut volume kendaraan mengalami kenaikan sebesar 6,3 juta unit (Hanifan, 2019). Peningkatan volume kendaraan tersebut tidak diimbangi dengan produksi minyak yang cukup, sehingga akan menyebabkan kelangkaan dan kenaikan harga bahan bakar minyak di Indonesia. Selain permasalahan tersebut, masalah yang timbul yaitu mengenai polusi udara yang diakibatkan oleh emisi gas buang kendaraaan. Polusi udara terjadi karena proses pembakaran bahan bakar yang tidak sempurna kemudian

menghasilkan gas beracun berupa karbon monoksida dan hidro karbon yang mengancam kesehatan manusia khususnya kesehatan penapasan. Salah satu solusi untuk mengurangi beban pemerintah mengenai permasalahan tersebut yaitu dengan cara mengembangkan mesin yang hemat bahan bakar dan aman dari emisi gas buang yaitu menggunakan filter udara berbahan zeolit alam. Zeolit sendiri tersedia banyak di Indonesia khususnya di Provinsi Lampung. Zeolit di Lampung banyak ditemukan di Kabupaten Lampung Selatan yaitu di Desa Campang Tiga, Katibung dan Pantai Tangor. Di Provinsi Lampung dari tahun 2011 sampai dengan tahun 2017 mampu memproduksi batuan zeolit sebanyak 616.640 m^3 (BPS, 2018).

Filter udara merupakan komponen yang sangat penting dikendaraan sepeda motor, filter udara hanya mampu menyaring udara sebelum masuk kedalam ruang bakar. Udara pada atmosfer bumi mengandung berbagai macam gas seperti nitrogen 78 %, oksigen 21% dan 1% lainya merupakan uap air (Tans *et al*., 2018). Komposisi udara tersebut akan menyebabkan pembakaran tidak sempurna dalam proses pembakaran, komposisi utama proses pembakaran adalah karbon dan oksigen. Oleh karena itu, apabila kandungan oksigen dalam proses pembakaran tersebut kurang maka pembakaran kurang baik atau tidak sempurna. Untuk mengefektifkan kandungan oksigen yang akan masuk ke dalam ruang bakar sehingga proses pembakaran menjadi sempurna maka perlu menggunakan filter udara berbahan zeolit alam. Zeolit merupakan jenis batuan yang mampu menangkap partikel berukuran *molecular* atau *angstrom* seperti (uap air dan nitrogen di udara) (Wardono, 2004).

Hal tersebut akan membantu penekanan konsumsi bahan bakar pada kendaraan bermotor sehingga pemakaian bahan bakar lebih sedikit dan pencemaran udara akan berkurang.

Hal tersebut didukung oleh hasil penelitian Mahdi (2006) yang menunjukkan bahwa kemampuan filter zeolit aktivasi fisik beragam temperatur dan waktu pemanasan terhadap prestasi mesin disel 4-langkah, mampu meningkatkan daya engkol sebesar 0,215 kW (12,088%), menghemat konsumsi bahan bakar spesifik engkol sebesar 0,0123 kg/kWh (9,729%). Sementara itu, penelitian Priyadi (2007) zeolit diaktivasi fisik terhadap prestasi mesin mobil bensin (EFI) 1600 cc, pada pengujian berjalan mampu menghemat sebesar 183,33 ml (12,78%) untuk pengujian 10 km dan 443,33 ml (19,59%) untuk pengujian 20 km, kemudian pada kondisi stasioner pada rpm mampu menghemat bahan bakar sebesar 43,33 ml (12,79%) untuk pengujian 20 menit dan 56,67 ml (12,78) untuk pengujian 30 menit.

Pada pengujian akselerasi terbaik kecepatan 0-100 km/jam mampu meningkatkan 0,83 detik (7,29%) dibandingkan tanpa zeolit. Selain itu, penelitian Ernadi (2017) juga melaporkan filter zeolit *fly ash* aktivasi fisik mampu menghemat bahan bakar pada uji jalan sebesar 23,24%, uji akselerasi sebesar 15,23%, dan pada uji stasioner sebesar 39,80%. Pada uji emisi filter mampu meningkatkan kadar gas CO_2 pada rpm 2500. sedangkan pada rpm 3500 mampu mengurangi kadar gas CO sebesar 63,75%, dan mengurangi kadar gas HC sampai 37,11%.

Berdasarkan penelitian tersebut maka penulis akan melakukan penelitian pengaruh filter udara berbahan zeolit aktivasi fisik *microwave* terhadap prestasi mesin sepeda motor 4-langkah.

B. Tujuan

Adapun tujuan dari penelitian dan penulisan laporan pemanfaatan filter berbahan zeolit teraktikasi fisik menggunakan *microwave* terhadap prestasi sepeda motor bensin 4-langkah adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui pengaruh variasi waktu aktivasi fisik filter zeolit
2. Mengetahui pengaruh variasi daya aktivasi fisik filter zeolit
3. Mengetahui pengaruh variasi jumlah pelet zeolit.

C. Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam penelitian dan penulisan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Pada penelitian ini menggunakan sepeda motor bensin 4-langkah (Honda Beat 108 cc) tahun 2012, dan dilakukan *tune up* secara rutin sebelum melakukan pengujian.
2. Menggunakan *microwave* dengan pengaturan daya, daya total *microwave* 400 W.
3. Pemanasan aktivasi zeolit menggunakan *microwave* dengan daya pemanasan 80%, 60% dan 100% dari 400 W (100%).
4. Waktu yang digunakan untuk aktivasi yaitu 3,6, dan 9 menit.
5. Jumlah pelet filter udara yaitu 100%, 75% dan 50%.

6. Pengujian prestasi mesin yang dilakukan hanya pengujian konsumsi bahan bakar (uji jalan dan stasioner), uji akselerasi, dan emisi gas buang.

D. Sistematika Penulisan

Sistem penulisan Laporan penelitian tugas akhir ini terdiri dari lima bab dan lampiran yang mendukung yaitu:

BAB I: PENDAHULUAN

Menjelaskan tentang latar belakang masalah, batasan masalah, tujuan, dan sistematika penulisan.

BAB II: TINJAUAN PUSTAKA

Berisikan tinjauan pustaka mengenai motor bakar, jenis motor bakar, motor bensin, proses pembakaran, parameter prestasi mesin bensin 4-langkah, gas buang motor bensin, saringan udara motor bakar, zeolit, dan pengaruh aktivasi terhadap zeolit.

BAB III: METODOLOGI PENELITIAN

Berisikan mengenai alat dan bahan penelitian, tahapan sebelum pengujian, prosedur pengujian, tempat pengujian, dan diagram alir pengujian.

BAB IV: HASIL DAN PEMBAHASAN

Berisikan mengenai penjelasan dan pembahasan data-data yang diperoleh dari pengujian motor bensin 4-langkah.

BAB V: SIMPULAN DAN SARAN

Berisikan mengenai hal yang dapat disimpulkan dan memberikan saran berdasarkan hasil penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

BAB II.
TINJAUAN PUSTAKA

A. Motor Bakar

Motor bakar merupakan mesin kalor yang mengubah energi termal menjadi energi mekanik atau mengubah energi kimia menjadi energi mekanik. Pada proses pembakaran menyebabkan terjadinya energi panas yang dikarenakan oleh proses pembakaran bahan bakar dengan udara dalam sistem pangapian. Pada proses pembakaran terjadi siklus kerja mesin untuk usaha dan dorongan hasil ledakan di ruang bakar, kemudian diubah oleh konstruksi mesin menjadi energi mekanik (Wardono, 2004).

B. Jenis Sistem Pembakaran Motor Bakar

Berdasarkan sistem pembakaran, mesin dibagi menjadi 2 yaitu sistem pembakaran dalam (*internal combustion engine*) dan sistem pembakaran luar (*eksternal combustion engine*).

1. Sistem mesin pembakaran dalam (*internal combustion engine*)

   Pada mesin sistem pembakaran dalam, proses pembakaran bahan bakar atau perubahan energi kimia dan panas terjadi di dalam ruang bakar.

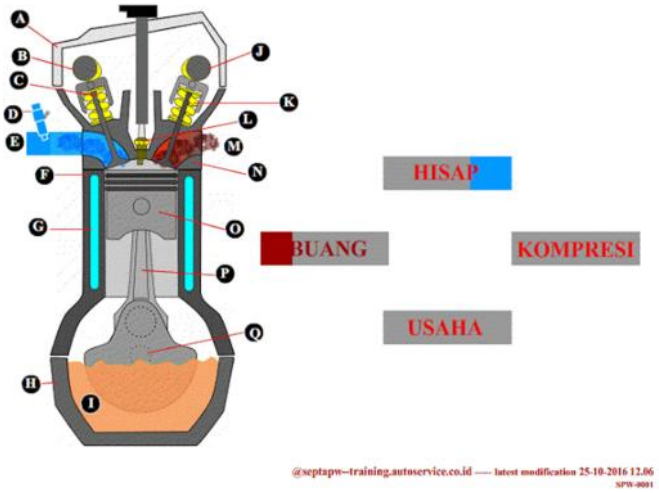
Dari ruang bakar kemudian energi tersebut diteruskan oleh konstruksi mesin dan selanjutnya dapat menyebabkan mesin tersebut bekerja secara terus-menerus

2. Sistem mesin pembakaran luar (e*ksternal combution engine*)

   Pada mesin pembakaran luar, proses pembakaran terjadi di luar dari konstruksi mesin tersebut. Dari ruang bakar tersebut kemudian energi panas diteruskan ke konstruksi mesin melalui media penghubung. Contoh mesin yang mempunyai sistem pembakaran luar yaitu mesin uap atau turbin uap.

C. Mesin Bensin

Motor bensin adalah sebuah sistem atau perangkat yang menggunakan bahan bakar *gasoline* atau bensin yang memiliki nilai oktan (88-96), berbeda dengan mesin diesel yang memiliki nilai oktan bahan bakar sebesar (48-53). Oleh karena itu, yang membedakan mesin bensin dan mesin diesel yaitu adanya *auto ignation* dimana bahan bakar dengan nilai oktan yang tinggi mempunyai *auto ignation* yang rendah sehingga pada proses pembakaran mesin bensin memerlukan bantuan panas awal atau percikan api yang dihasilkan oleh busi untuk melakukan proses pembakaran.



Gambar 1. Mesin Bensin
(http://www.septapw.com/2017/07/dasar-otomotif-tentang-mesin-bensin-4.html)

Menurut Daryanto (2010), berdasarkan langkahnya siklus kerja mesin bensin dibagi menjadi 2 yaitu mesin bensin 2-langkah dan mesin bensin 4-langkah.

1. Mesin bensin 2-langkah

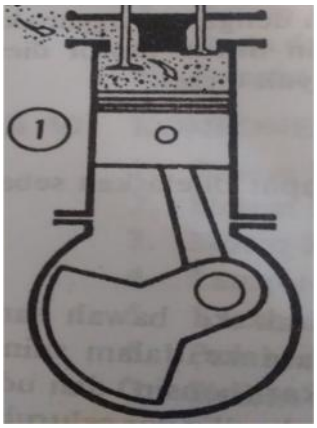
   Mesin bensin 2-langkah memiliki 2 proses kerja. Langkah pertama yaitu hisap dan kompresi kemudian langkah ke dua ekspansi dan buang, artinya satu kali putaran poros engkol akan menyebabkan 2 kali gerakan pada piston di dalam ruang bakar.

2. Mesin bensin 4-langkah

   Mesin bensin 4-langkah pada proses kerjanya memerlukan 4 siklus kerja yaitu langkah hisap, kompresi, pembakaran, dan langkah buang. Berikut ini merupakan penjelasan lengkap mengenai siklus kerja mesin bensin.

a. Langkah hisap

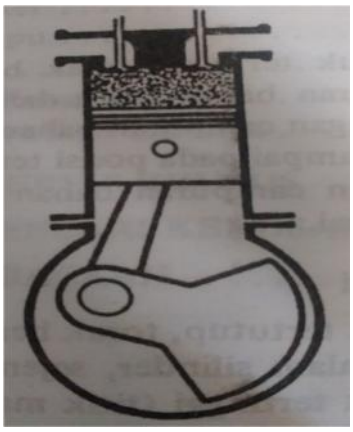
Langkah hisap dimulai dengan terbukanya katup hisap, kemudian piston bergerak dari titik mati atas (TMA) ke titik mati bawah (TMB), tekanan udara di dalam ruang lebih rendah dibandingkan dengan udara di luar sehingga udara masuk ke ruang bakar membawa bahan bakar.



Gambar 2. Langkah hisap.

b. Langkah kompresi

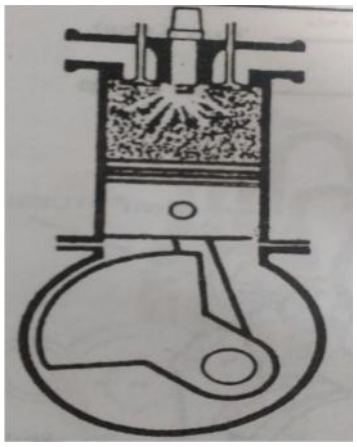
Langkah kompresi dimulai dari katup hisap tertutup, kemudian piston bergerak dari titik mati bawah (TMB) ke titik mati atas (TMA).



Gambar 3. Langkah kompresi.

c. Langkah pembakaran

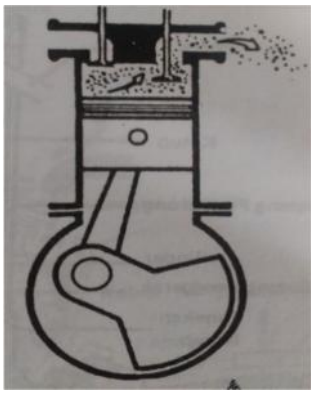
Ke dua katup tertutup, busi memantikkan bunga api ke ruang bakar dan membakar campuran udara serta bahan bakar yang telah dikompresi, kemudian piston bergerak dari titik mati atas (TMA) ke titik mati bawah (TMB), sehingga menghasilkan usaha yang diteruskan oleh stang seher ke *gear box* dan selanjutnya ke roda.



Gambar 4. Langkah pembakaran.

d. Langkah buang

Langkah buang dimulai dari katup buang terbuka dan katup hisap tertutup, kemudian piston bergerak dari titik mati bawah (TMB) ke titik mati atas (TMA). Hasil pembakaran keluar melalui katup buang, lalu diteruskan melalui knalpot.



Gambar 5. Langkah buang (Daryanto, 2010).

e. Langkah diatas terus berulang (Daryanto, 2010).

D. Proses Pembakaran

Reaksi kimia antara bahan bahan bakar dengan oksigen yang berlangsung cepat dengan panas yang cukup akan menaikkan temperatur dan tekanan gas pembakaran merupakan proses pembakaran. Pada proses pembakaran ada 2 elemen utama yaitu karbon dan oksigen. Jumlah oksigen di udara yaitu 20,9% dari udara, dan hampir 79% udara adalah nitrogen, kemudian sisanya yaitu elemen lainnya (Tans, 2018).

Pada proses pembakaran butiran minyak bahan bakar menjadi elemen komponennya. Komponen tersebut yaitu hidrogen akan bergabung dengan oksigen untuk memebentuk air, kemudian karbon akan bergabung dengan oksigen maka terbentuk karbon dioksida. Apabila oksigen tidak cukup tersedia, maka sebagian dari karbon bergabung dengan oksigen kemudian menjadi karbon

monoksida. Karbon monoksida akan mengakibatkan jumlah panas yang dihasilkan hanya 30%, dapat dilihat pada reaksi di bawah ini:

Reaksi cukup oksigen : $C + O_2 \longrightarrow CO_2 + 393{,}5$ kJ

Reaksi kurang oksigen : $C + \frac{1}{2}O_2 \longrightarrow CO_2 + 110{,}5$ kJ

Berdasarkan reaksi di atas dijelaskan bahwa proses pembakaran merupakan proses oksidasi antara molekul oksigen dengan partikel bahan bakar, karbon dan hidrogen kemudian akan membentuk karbon dioksida dan uap air pada keadaan pembakaran sempurna. Karbon dioksida dan uap air terbentuk karena adanya panas kompresi dan percikan api dari busi yang mampu memutus ikatan oksigen (O=O) menjadi (O) dan (O). Selain itu juga mampu memutus ikatan antar partikel bahan bakar (C-H) dan (C-C) menjadi (C dan H) yang berdiri sendiri.

Kemudian partikel (O) beroksidasi dengan partikel (C dan H) untuk membentuk air yaitu berupa uap air dan karbon dioksida. Dari penjelasan tersebut dapat disimpulkan bahwa proses oksidasi atau proses pembakaran udara dan bahan bakar tidak pernah terwujud apabila ikatan antar partikel oksigen dan ikatan partikel bahan bakar tidak diputus terlebih dahulu (Wardono, 2004).

E. Indikator Prestasi Mesin

Efisiensi mesin disebut dengan efisiensi thermal, karena motor bakar selalu berkaitan dengan energi panas. Efisiensi thermal adalah perbandingan energi

(kerja) yang digunakan dengan energi yang diberikan, sedangkan prestasi mesin yaitu daya yang keluar (*output*) dan pemakaian bahan bakar spesifik engkol yang dihasilkan mesin. Prestasi mesin berhubungan erat dengan parameter operasi, tinggi rendahnya prestasi mesin yang dihasilkan ditentukan oleh harga parameter operasi, prestasi mesin kendaran motor bensin 4-langkah dalam aplikasinya dapat diukur dengan parameter-parameter sebagai berikut (Wardono, 2004):

1. Konsumsi bahan bakar, apabila konsumsi bahan bakar motor bakar bensin 4-langkah semakin sedikit, maka prestasi motor tersebut semakin tinggi
2. Waktu tempuh, apabila semakin singkat waktu yang diperlukan motor bensin 4-langkah untuk mencapai jarak tertentu, maka prestasi motor bensin 4-langkah tersebut juga semakin tinggi
3. Apabila kadar gas buang kendaraan (kadar CO dan HC) semakin sedikit maka pembakaran semakin baik atau prestasi mesin semakin baik. Pada penelitian ini menggunakan alat uji emisi stargas 898 *analyzer* di Laboratorium Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung.

F. Emisi Gas Buang

Jumlah kendaraan bermotor semakin meningkat setiap tahunnya, akibat dari meningkatnya jumlah kendaraan bermotor tersebut, banyak masalah yang ditimbulkan, seperti efek rumah kaca, merusaknya lapisan ozon, tetapi tidak cuma itu dampak emisi gas buang juga mengancam kesehatan. emisi gas buang adalah polutan yang membuat udara kotor yang dihasilkan kendaraan bermotor.

Gambar 6. Emisi gas buang kendaraan.

(https://www.google.com/search?safe=strict&tbm=isch&sxsrf=ACYBGNQ7oHcnQWs5meCWAivJB4cMnEnmDA%3A1568778978386&sa=1&ei=4qqBXZeU/)

Sisa gas buang kendaraan yaitu gas sisa proses pembakaran dalam ruang bakar kemudian keluar melalui knalpot dan dibuang bebas ke udara. Berikut merupakan emisi pokok yang dihasilkan kendaraan bermotor:

1. Hidro karbon (HC)

   Senyawa hidro karbon timbul karena adanya pembakaran kurang sempurna, pada saat proses pembakaran bahan bakar belum terbakar tetapi sudah terbuang bersama gas buang sehingga terjadi penguapan bahan bakar. Senyawa hidro karbon ini dibedakan menjadi dua yaitu bahan bakar yang tidak terbakar maka akan keluar menjadi gas mentah dan bahan bakar yang terpecah akibat reaksi panas menjadi gugusan hidro karbon lain yang keluar bersaman gas buang. Senyawa hidro karbon berdampak buruk bagi kesehatan seperti membuat mata pedih, menyebabkan sakit tenggorokan, sakit paru-paru hingga kanker.

2. Karbon monoksida (CO)

   Karbon monoksida terbentuk oleh bahan bakar yang terbakar sebagian akibat pembakaran tidak sempurna atau karena campuran bahan bakar dan udara yang terlalu kaya (kurangnya udara). Karbon monokida (CO) yang berasal dari hasil pembakaran dipengaruhi oleh perbandingan campuran udara dan bahan bakar yang masuk dalam ruang bakar. Gas CO dapat dikurangi yaitu dengan cara mengatur perbandingan udara dan bahan bakar. Pada pembakaran sempurna CO tidak terbentuk.

3. Nitrogen oksida (NOx)

   Nitrogen oksida adalah senyawa emisi gas buang yang dihasilkan akibat dari suhu kerja yang sangat tinggi. Udara yang digunakan dalam proses pembakaran motor bakar mengandung 80% nitrogen. Nitrogen merupakan gas yang sangat stabil yang tidak berkaitan dengan unsur lain. Akan tetapi, pada kondisi tertentu yaitu kondisi suhu di ruang bakar yang sangat tinggi serta mempunyai tekanan yang besar maka akan menyebabkan ikatan nitrogen terputus dan bereaksi dengan lainya. Senyawa NOx ini akan sangat berbahaya apabila terlepas ke udara bebas karena NOx akan berikatan dengan oksigen (O_2) untuk membentuk NO_2, dan berbahaya pada tubuh manusia karena mengandung racun yang mengancam kesehatan manusia.

4. Karbon dioksida (CO_2)

   CO_2 adalah senyawa sisa dari hasil pembakaran sempurna dari bensin atau hidro karbon (HC) dengan oksigen (O_2). Hal ini dapat disimpulkan bahwa

semakin banyak kandungan CO_2 dari hasil pembakaran maka semakin baik juga proses pembakaran tersebut.

5. Uap air (H_2O)

   Air (H_2O) adalah senyawa yang berasal dari proses pembakaran sempurna dari bensin atau hidro karbon (HC) yang bereaksi dengan oksigen (O_2). Akan tetapi, H_2O akan mempunyai efek buruk pada proses pembakaran karena apabila H_2O tidak terbuang pada saat proses pembakaran maka mesin tidak menyala dan akan menyebabkan banjir di dalam ruang bakar mesin.

6. Nitrogen (N_2)

   Nitrogen (N_2) adalah gas yang banyak terkandung di dalam udara di sekitar kita. Pada proses pembakaran, nitrogen diharapkan tidak bereaksi dengan gas lainya, karena apabila gas ini bereaksi dengan gas lain saat di ruang bakar maka dapat menurunkan prestasi mesin kendaraan tersebut. Selain itu juga, akan sangat berbahaya apabila terbentuk senyawa nitrogen oksida (NOx) karena senyawa ini tersebut sangat beracun dan dapat membahayakan kesehatan manusia (Siswantoro, 2011).

G. Filter Udara Kendaraaan Bermotor

Filer udara atau saringan udara kendaraan merupakan salah satu komponen yang sangat penting untuk kendaraan karena dapat mempengaruhi performa mesin kendaraan.

Gambar 7. Filter udara kendaraan.

Berikut ini merupakan fungsi dari filter atau saringan udara kendaraan bermotor:

1. Menyaring udara kemudian partikel debu yang akan masuk ke ruang mesin, karena apabila tidak disaring atau dibersihkan dengan filter maka dapat merusak mesin tersebut.
2. Dapat mengurangi suara kebisingan udara yang akan masuk ke karburator.
3. Dapat meningkatkan akselerasi mesin kendaraan, apabila kondisi filter bersih tidak banyak debu ataupun partikel lain yang menempel dalam filter. Apabila filter dalam keadaan kotor, maka kendaraan tersebut akan terasa berat apabila di tarik seling gasnya. Selain itu, konsumsi bahan bakar akan boros karena bahan bakar yang digunakan tidak sesuai dengan daya mesin yang dihasilkan. Filter yang kotor juga dapat menyebabkan akselerasi akan berkurang dan kemungkinan ada oli dari *crankcase* yang masuk ke *intake manifold* karena udara yang mengalir ke ruang bakar lebih sedikit (Suryancoro, 2012).

H. Zeolit

Zeolit merupakan salah satu mineral yang ampuh untuk menyerap N_2 dan H_2O (Wardono, 2004). Rongga zeolit berisi kation logam yang dapat ditukar, seperti: Na^+, K^+, Ca^{2+}, Mg^{2+} , serta dapat mengikat molekul lain (Ismiyati, 2015). Zeolit pertama kali diketahui oleh *freiherr axer Frederick cronsteadt* pada tahun 1756 yang merupakan ahli meneralogi dari Swedia. Zeolit berasal dari 2 kata yaitu Zein (mendidih) dan Lhitos (batuan) merupakan bahasa yunani, yang memepunyai arti batu mendidih, mengapa disebut batu mendidih karena apabila zeolit dipanaskan akan mendidih dan mengembang. Dibawah ini merupakan salah satu jenis zeolit yang sering ditemui yaitu *clinoptilote.*

Gambar 8. Zeolit.

Zeolit mempunyai sifat-sifat sebagai adsorben yaitu meliputi :

1. Penyerapan

   Zeolit apabila dipanaskan dapat berfungsi untuk menyerap cairan atau gas. Pada saat kondisi normal kristal zeolit terisi molekul air pada kationnya,

apabila zeolit dipanaskan air tersebut akan menguap atau keluar. Berdasarkan penyerapan, zeolit dibedakan menjadi 2 yaitu:

a. Ukuran molekul

Ukuran molekul adsorban harus memiliki ukuran lebih kecil dibandingkan dengan ukuran pori pori zeolit. Contohnya zeolit *clipnoptilolite* memiliki diameter ukuran pori $4A^0$ kemudian N2 dalam udara berbentuk elips dengan panjang mayor $4,1A^0$ dan sumbu minor $3A^0$, serta O_2 berbentuk elips memiliki panjang sumbu mayor $3,9A^0$ dan minor $2,8A^0$. Akibatnya N_2 yang berdiameter mayor akan terikat tetapi tidak dapat melewati pori zeolit, sedangkan N2 berdiameter minor serta O_2 dapat melewati pori (Bekkum, 1991 *dalam* Ernadi, 2017).

b. Selektifitas permukaan

Gas N_2 lebih mudah ditangkap oleh zeolit karena memiliki 4 katup dibandingkan dengan O_2 yang memiliki 2 katup. Kristal zeolit yang terdehidrasi adalah adsorben yang selektif dan memiliki efektifitas tinggi, sehingga mampu memisahkan molekul berdasarkan ukuran dan konfigurasi molekul. Selain itu juga dapat menjadi adsorben yang selektif pada molekul polar. Faktor yang dapat mempengaruhi kemampuan selektif permukaan dari zeolit seperti logam penetral penarik nitrogen dan perbedaan ukuran diameter pori zeolit dan nitrogen (Hasibuan, 2012 *dalam* Ernadi, 2017)

2. Dehidrasi

   Salah satu sifat zeolit alam yaitu mampu melepaskan molekul H_2O apabila dipanaskan. Pori zeolit memiliki kation-katian dan molekul air, apabila kation dan molekul air dikeluarkan dengan perlakuan tertentu, maka zeolit akan meninggalkan pori-pori kosang. Perlakuan untuk mengeluarkan molekul air dalam zeolit tersebut disebut aktivasi (Butland, 2008 *dalam* ernadi, 2017).

3. Penukar ion

   Zeolit memiliki sifat penukar ion, sifat tersebut tergantung pada sifat kation, suhu, dan jenis anion. Kenetralan zeolit dapat dijaga oleh ion-ion tersebut. Ion-ion dalam zeolit dapat bergerak bebas, oleh karena itu pertukaran ion tergantung dari ukuran dan muatan jenis zeolitnya (Poerwadi, 1998)

4. Penyaring

   Zeolit dapat berfungsi sebagai penyaring dan pemisah bedasarkan perbedaan bentuk, ukuran, dan polaritas molekul yang disaring. Sifat penyaring zeolit disebabkan karena mempunyai ruang hampa. Molekul yang berukuran kecil dapat melintas di ruang hampa, sedangkan molekul yang besar akan tertahan dalam ruang hampa (Poerwadi, 1998).

I. Aktivasi Zeolit

Aktivasi zeolit dilakukan sebelum zeolit digunakan sebagai adsorben. Aktivasi tersebut dapat dilakukan dengan 2 cara yaitu secara kimia dan fisik.. Berikut ini merupakan aktivasi fisik dan kimia pada zeolit.

1. Aktivasi fisik bertujuan untuk menguapkan air pada zeolit karena zeolit mempunyai kandungan air yang cukup tinggi, oleh karena itu aktivasi fisik ini perlu dilakukan untuk menguapkan kandungan air pada zeolit sehingga diperoleh zeolit yang baik sebagai adsorben. Aktivasi fisik dilakukan menggunakan alat seperti oven, *microwave,* dan reactor pemanas. Hasil penelitian Mahdi (2006) yang menunjukkan bahwa kemampuan filter zeolit aktivasi fisik beragam temperatur dan waktu pemanasan terhadap prestasi mesin disel 4-langkah, mampu meningkatkan daya engkol sebesar 0,215 kW (12,088%), menghemat konsumsi bahan bakar spesifik engkol sebesar 0,0123 kg/kWh (9,729%).

2. Aktivasi secara kimia dilakukan untuk memodifikasi struktur zeolit, agar zeolit berfungsi dengan baik. Pencucian zeolit bisa menggunakan air akuades, selain menggunakan akuades aktivasi yang dapat dilakukan dengan pencucian zeolit menggunakan senyawa kimia seperti, HCl, NaCl, KCl dan lainya. Perlakuan ini bertujuan untuk membentuk unkation zeolit, seperti H-zeolit, Na-zeolit, dan K-zeolit.

J. *Microwave*

Microwave merupakan alat yang prinsip kerjanya menggunakan radiasi gelombang mikro untuk memanaskan atau memasak makanan. Gelombang mikro tersebut adalah gelombang elektromagnetik yang mempunyai panjang gelombang antara 1 milimeter sampai dengan 1 meter, dengan frukuensi antara

300 megaherzt sampai dengan 300 gigahertz. Sedangkan oven sendiri adalah peralatan dapur yang digunakan untuk memanaskan makanan atau memasak makanan. Hasil penelitian Poerwadi (2017), aktivasi zeolit menggunakan *microwave* (waktu aktivasi 3 hingga 7 menit) sebagai sumber panas mampu menghasilkan zeolit dengan karakteristik serupa dengan zeolit aktivasi menggunakan oven (aktivasi selama 4 jam). Bentuk fisik dari *microwave* sendiri dapat dilihat pada gambar 9.

Gambar 9. *Microwave*.

Berikut ini merupakan cara kerja dari *microwave*:

1. Menghidupkan *microwave*, dengan cara menyambungkan *microwave* ke listrik.
2. Mengatur daya pemanasan *microwave* sesuai kebutuhan memasak atau memanaskan makanan.
3. Langkah selanjutnya yaitu mengatur waktu yang digunakan untuk melakukan pemanasan atau memasak.
4. Langkah yang terakhir yaitu menekan tombol star pada *microwave*.

Berikut ini merupakan keunggulan *microwave* yang dibandingkan dengan oven listrik biasa sebagai berikut:

1. Lebih cepat memanaskan makanan atau material yang akan dipanaskan sehingga waktu pemanasanya lebih singkat.
2. Pemanasan lebih merata pada semua bagian dari makanan atau material yang dipanaskan.
3. Cara penggunaannya lebih praktis dan efisien.

Dari kenggulan diatas *microwave* ini juga mempunyai kelemahan yaitu:

1. *Microwave* membutuhkan daya listrik yang besar pada saat proses pengoprasianya.
2. Harga *microwave* yang lebih mahal dibandingkan dengan harga oven biasa (Wikipedia, 2018).

BAB III.
METODOLOGI PENELITIAN

A. Alat Penelitian

Berikut ini merupakan alat-alat yang digunakan dalam penelitian pembuatan filter zeolit:

1. Sepeda motor mesin bensin 4-langkah satu silinder

   Dalam penelitian ini, mesin yang digunakan untuk pengujian filter zeolit dengan aktivasi fisik *microwave* sebagai berikut:

Merk	: Honda Beat
Jenis	: Motor Bensin 1 Silinder
Tipe mesin	: 4 langkah, 2 katup
Diameter X langkah	: 50 x 55 mm
Volume silinder	: 108 cc
Daya maksimum	: 8,22 PS/8.000 Rpm
Perbandingan kompresi	: 9,2 : 1
Kapasitas oli	: 700 ml

Sistem stater : Pedal engkol dan stater

System pendingin : OHC pendingin udara

System transmisi : Otomatis V-matic

(Sumber: Honda)

Gambar 10. Sepeda motor Honda Beat.

2. Alat uji emisi

Pada penelitian ini menggunakan alat uji emisi stargas 898 *analyzer* yang ada di Laboratorium Motor Bakar Teknik Mesin Universitas Lampung

Gambar 11. Stargas 898 *Analyzer*

3. Timbangan digital

   Timbangan digital digunakan untuk menimbang bahan yaitu zeolit, tepung tapioka, dan air mineral yang akan digunakan dalam penelitian.

Gambar 12. Timbangan digital.

4. Tumbukan

   Pada penelitian ini tumbukan berfungsi untuk menghaluskan zeolit yang masih kasar.

Gambar 13. Tumbukan zeolit.

5. Ayakan

Ayakan ini digunakan untuk menyeragamkan zeolit setelah dilakukan penumbukan agar ukuran zeolit menjadi sama yaitu mesh 100.

Gambar 14. Ayakan.

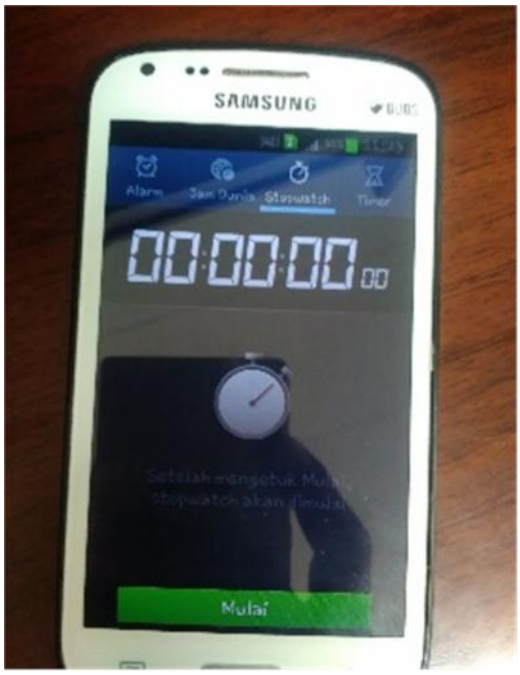
6. Ampia

Ampia pada penelitian ini digunakan untuk memadatkan adonan dan memipihkan adonan zeolit agar lebih mudah saat pencetakan pelet.

Gambar 15. Ampia.

7. *Stopwatch*

   stopwatch digunakan untuk mengukur waktu pengujian stasioner dan waktu yang di tempuh dalam uji akselerasi.



Gambar 16. *Stopwatch*.

8. Kompor

   Kompor dalam penelitian ini digunakan untuk memanaskan air mineral untuk melarutkan tapioka yang berfungsi sebagai perekat zeolit.

Gambar 17. Kompor.

9. *Microwave*

Microwave dengan daya maksimal 400 W dalam penelitian ini digunakan untuk mengeringkan sekaligus untuk aktivasi pelet zeolit.

Gambar 18. *Microwave*.

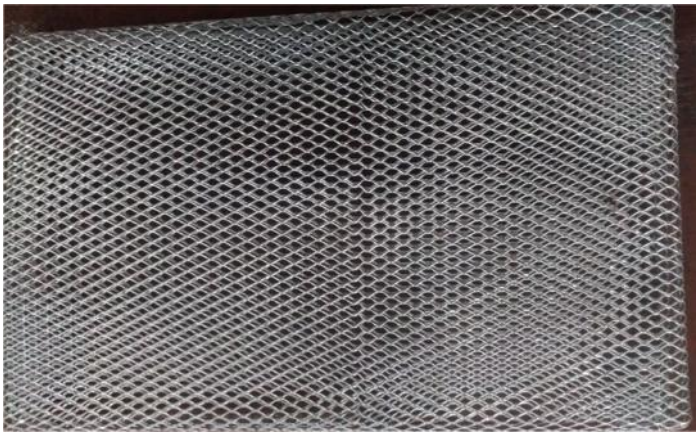
10. Cetakan filter pelet

Cetakan pelet digunakan untuk membentuk pelet yang akan dijadikan filter dengan diameter 10 m

Gambar 19. Cetakan filter pelet.

11. Wadah filter pelet

Wadah pelet digunakan untuk meletakan atau menyusun pelet yang akan digunakan sebagai filter kendaraan bermotor.



Gambar 20. Wadah filter pelet.

12. Tangki bahan bakar

Tangki bahan bakar dalam penelitian ini berfungsi untuk wadah bahan bakar saat pengujian stasioner maupun uji jalan kendaraan.

Gambar 21. Tangki bahan bakar.

13. Gelas ukur

Gelas ukur digunakan untuk mengukur bahan bakar sebelum bahan bakar dimasukan ke dalam tangki bahan bakar.

Gambar 22. Gelas ukur.

14. Tacometer

Tacometer dalam penelitian ini digunakan untuk mengukur putaran mesin pada saat proses pengujian berlangsung.

Gambar 23. *Tachometer*.

B. Bahan Penelitian

Dalam penelitian pengaruh filter udara berbahan zeolit aktivasi fisik (*microwave*) terhadap prestasi mesin bensin 4-langkah terdapat adalah sebagai berikut:

1. Zeolit

   Zeolit yang digunakan adalah zeolit jenis *clinoptilolite*.

Gambar 24. Zeolit *clipnotilite*.

2. Tepung tapioka

   Tepung tapioka digunakan untuk perekat zeolit sebelum dicetak pelet.

Gambar 25. Tepung tapioka.

3. Air mineral

   Air mineral digunakan untuk melarutkan tepung tapioka dan zeolit pada saat pembuatan pelet filter.

Gambar 26. Air mineral.

C. Persiapan Alat dan Bahan

Adapun persiapan alat dan bahan pada penelitian ini sebagai berikut:

1. Menghaluskan zeolit, dengan cara ditumbuk lalu diayak dengan ukuran mesh 100.
2. Membuat adonan dan pencetakan pelet, komposisi adonan pelet yaitu 4% (4 gram) perekat, 42% (42 gram) air mineral, dan 54% (54 gram) katalis (zeolit) dengan jumlah total yaitu 100 gram per adonan. Adonan yang telah jadi, kemudian diratakan menggunakan ampia hingga ketebalan 3 mm dan dicetak dengan diameter 10 mm. setelah itu, melakukan

pencetakan pelet yang sudah jadi, kemudian didiamkan selama 24 jam pada temperatur ruangan.

3. Pelet yang telah didiamkan selama 24 jam pada temperatur ruangan selanjutnya diaktivasi agar kandungan air dalam pelet terangkat. Aktivasi dilakukan menggunakan *microwave* dengan daya pemanasan yaitu 80%, 60%, dan 40% dari 400 watt, serta variasi waktu yaitu 3 menit, 6 menit dan 9 menit.
4. Setelah dilakukan aktivasi, pelet dikemas menggunakan kawat streaming. Pengemasan ini bertujuan agar memudahkan pemasangan pelet pada filter udara sepeda motor. Wadah kemasan pelet memiliki ukuran yang sama dengan filter udara sepeda motor yang digunakan dalam penelitian.

   Pada saat pengemasan dilakukan penghitungan jumlah pelet, dimana jumlah pelet saat wadah penuh yaitu sebanyak 104 butir. Pada penelitian ini menggunakan variasi jumlah pelet 100%, 75%, dan 50% sehingga dilakukan perhitungan seperti berikut:

$$\frac{104}{100} x\ 75 = 78 \text{ Butir}$$

$$\frac{104}{100} x\ 50 = 52 \text{ Butir}$$

D. Prosedur Pengujian

Pada penelitian ini data yang diambil berdasarkan pengujian prestasi mesin yaitu uji jalan, akselerasi, stasioner, dan pengujian emisi gas buang. Pada

pengujian awal yaitu pengujian untuk memperoleh waktu terbaik aktivasi yaitu menggunakan kearangan zeolit 75% (terbaik dari pengujian sebelumnya), dengan daya 80% dan waktu yang digunakan yaitu 3, 6 dan 9 menit. Kemudian setelah memperoleh waktu terbaik mencari daya terbaik menggunakan waktu terbaik dari pengujian mencari waktu terbaik, dengan variasi daya 40%, 60% dan 80% dan jumlah pelet zeolit 100%, 75% dan 50% (untuk mengetahui perbedaaan pengaruh jumlah pelet terhadap prestasi mesin sepeda motor). Pengujian tersebut dilakukan untuk mengetahui karakteristik prestasi mesin sepeda motor menggunakan filter buatan (filter zeolit) dan filter bawaan sepeda motor. Pengambilan data dilakukan dalam kedaaan cuaca yang sama, cara berkendara, serta beban pengendara yang sama. Sebelum dilakukan pengujian, mesin dipanaskan beberapa menit agar memperoleh kondisi yang sama pada saat pengujian.

Tahapan pengujian yang dilakukan sebagai berikut:

1. Uji jalan (*test road*)

   Pengujian jalan bertujuan untuk memperoleh data konsumsi bahan bakar menggunakan filter zeolit teraktivasi dan zeolit alami maupun tidak menggunakan filter zeolit dengan keadaan berjalan. Pengujian jalan dilakukan pada kecepatan 60 km/jam dengan jarak 5 km. Tahap awal pada pengujian jalan yaitu pengukuran *track* atau jalan yang akan digunakan untuk pengujian jalan menggunakan *odometer* kendaraan. Setelah track didapat yaitu sepanjang 5 km tandai *track* tersebut. Kemudian lakukan persiapan pengujian seperti pemasangan tangki bahan

bakar buatan dengan volume 200 ml yang disambung dengan selang kemudian dihubungkan ke karburator, menyiapkan gelas ukur dengan volume 50 ml, bahan bakar pertamax dan filter zeolit. Setelah selesai pemasangan tangki buatan, lalukan pengisian bahan bakar, selanjutnya mesin sepeda motor dipanaskan sampai stabil agar diperoleh kondisi yang sama saat pengujian. Kemudian apabila mesin sudah stabil, matikan mesin motor. Selanjutnya mengisi tangki buatan sebanyak 200 ml. Setelah pengisian bahan bakar selesai, langkah selanjutnya yaitu memasang filter (menggunakan filter zeolit, maupun tidak menggunakan filter zeolit).

Setelah pemasangan filter selesai hidupkan mesin motor. Mesin motor dihidupkan, kemudian tarik *handle* gas perlahan hingga mencapai kecepatan 60 km/jam pada *speedometer*. Pada saat kecepatan sudah 60 km/jam, langkah selanjutnya yaitu menjaga kecepatan stabil di 60 km/jam sampai jarak 5 km yang sudah ditandai sebelumnya. Ketika jarak mencapai 5 km, maka segera matikan mesin motor dan menepikan sepeda motor ke pinggir jalan. Setelah kendaraan berhenti, langkah selanjutnya yaitu pengukuran konsumsi bahan bakar pada tangki buatan. Pengukuran bahan bakar yaitu dengan cara mengisi tangki bahan bakar menggunakan gelas ukur. Gelas ukur diisi bahan bakar sampai 50 ml, kemudian bahan bakar dituangkan ke tangki sampai berisi 200 ml seperti sebelum dilakukan uji jalan. Kemudian mencatat volume sisa bahan bakar pada gelas ukur, yaitu dengan cara mengurangi volume awal gelas ukur dengan volume akhir gelas ukur. Hasil tersebut merupakan konsumsi bahan bakar

pengujian jalan yang dilakukan. Langkah-langkah tersebut dilakukan sebanyak 3 kali dalam setiap pengujian filter zeolit maupun tidak menggunakan filter zeolit.

2. Pengujian stasioner

Pengujian stasioner bertujuan untuk mengetahui besarnya konsumsi bahan bakar mesin saat menggunakan filter zeolit maupun tidak menggunakan filter zeolit pada kondisi stasioner (tanpa beban). Sebelum dilakukan pengujian lakukan pemasangan *tachometer* pada sepeda motor yang akan dipakai, pemasangan *tachometer* tujuanya untuk mengetahui putaran mesin. Pengujian stasioner dilakukan pada kendaraan berhenti dengan menggunakan putaran mesin 5000 dan 2500 selama 5 menit untuk setiap ujinya. Sebelum melakukan pengujian lakukan persiapan seperti, pemasangan tangki buatan dengan volume 200 ml, obeng yang berfungsi untuk mengatur posisi *trotle* pada karburator, gelas ukur volume dengan 50 ml bahan bakar pertamax, *stopwatch* untuk menghitung waktu selama pengujian dan filter zeolit. Sebelum dialakukan pengujian lakukan pemasangan tangki buatan yaitu dengan cara menyambungkan tangki ke karburator menggunakan selang. Setelah tangki terpasang isi tangki bahan bakar secukupnya, lalu mesin sepeda motor dipanaskan sampai stabil agar diperoleh kondisi yang sama saat pengujian. Selain memanaskan mesin kendaraan pada saat mesin dihidupkan atur *trotle* gas pada karburator, untuk mendapatkan putaran mesin yang diinginkan yaitu rpm 2500 dan rpm 5000 tertera pada *tachometer*. Setelah persiapan selesai langkah selanjutnya yaitu mengisi tangki buatan sampai 200 ml. Setelah pengisian

bahan bakar selesai, langkah selanjutnya yaitu memasang filter (menggunakan filter zeolit, maupun tidak menggunakan filter zeolit).

Kemudian mesin dan *stopwatch* dihidupakan secara bersamaan. Apabila pada layar *stopwatch* telah menunjukkan waktu 5 menit maka mesin dimatikan. Setelah mesin dimatikan lakukan pengukuran bahan bakar yang digunakan saat pengujian. Pengukuran bahan bakar yaitu dengan cara mengisi tangki bahan bakar menggunakan gelas ukur. Gelas ukur diisi bahan bakar sampai 50 ml, kemudian bahan bakar dituangkan ke tangki sampai berisi 200 ml seperti sebelum dilakukan uji jalan. Kemudian mencatat volume sisa bahan bakar pada gelas ukur, yaitu dengan cara mengurangi volume awal gelas ukur dengan volume akhir gelas ukur. Hasil tersebut merupakan konsumsi bahan bakar pengujian jalan yang dilakukan. Langkah-langkah tersebut dilakukan sebanyak 3 kali dalam setiap pengujian filter zeolit maupun tidak menggunakan filter zeolit. Pengambilan data pada rpm 2500 dilakukan dengan cara yang sama pada rpm 5000. Langkah-langkah pengujian tersebut diulang sebanyak 3 kali menggunakan filter buatan maupun tanpa filter buatan.

3. Pengujian akselerasi

Pengujian akselerasi bertujuan untuk mengetahui berapa waktu yang dibutuhkan dari kendaraan tersebut berhenti sampai berjalan hingga mencapai kecepatan yang diinginkan. Pengujian akselerasi dilakukan dari kecepatan 0-80 km/jam menggunakan filter buatan (filter zeolit). Pada pengujian akselerasi memerlukan *track* dengan panjang 150-200 m.

Sebelum melakukan pengujian akselerasi siapkan tangki bahan bakar buatan seperti pengujian jalan dan stasioner, siapkan bahan bakar, filter zeolit, dan *holder handphone* (dudukan *handphone*). *Handphone* dipakai untuk *stopwatch*. Dudukan *handphone* tersebut untuk meletakan *handphone* (*stopwatch*) saat pengujian agar tidak jatuh dan mudah dijangkau pengendara saat mematikan dan mematikan *stopwatch*.

Sebelum melakukan pengujian panaskan mesin motor agar diperoleh kondisi mesin yang sama pada saat pengujian. Kemudian setelah pemanasan mesin selesai, matikan mesin motor, dan lakukan pemasangan filter (filter standar dan filter zeolit). Setelah pemasangan filter selesai, siapakan sepeda motor pada *track* yang telah ditentukan. Kemudian hidupkan, ketika *handle* gas ditarik (kecepatan nol) saat bersamaan hidupkan *stopwatch* ketika gas ditarik sampai *full* lalu hidupkan *stoptwacth,* setelah mencapai kecepatan yang diinginkan (80 Km/jam) pada *speedometer* matikan *stopwatch* dan catat waktu yang tertera pada *stopwatch.* Pada setiap pengujianya pengendara menarik gas *full* dari awal agar diperoleh tarikan gas yang sama untuk setiap pengujianya. Langkah langkah tersebut diulangi 3 kali setiap pengujian filter zeolit maupun tidak menggunakan filter zeolit.

4. Pengujian emisi

   Pengujian emisi pada penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh filter buatan terhadap emisi gas buang kendaraan yang digunakan untuk penelitian. Pengujian emisi gas buang tersebut hampir sama dengan

pengujian stasioner yaitu menggunakan rpm 5000, rpm 2500 dan rpm 1500. Pada pengujian emisi gas buang, filter yang digunakan untuk pengujian yaitu filter terbaik, contohnya filter waktu aktivasi 6 menit daya 60% jumlah pelet 50%. Filter tersebut mempunyai persentase terbesar berdasarkan pada tiga hasil pengujian sebelumnya yaitu uji jalan, pengujian akserasi dan pengujian stasioner. Pengujian emisi menggunakan alat uji emisi stargas 898 *analyzer* di Laboratorium Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung.

E. Lokasi pengujian

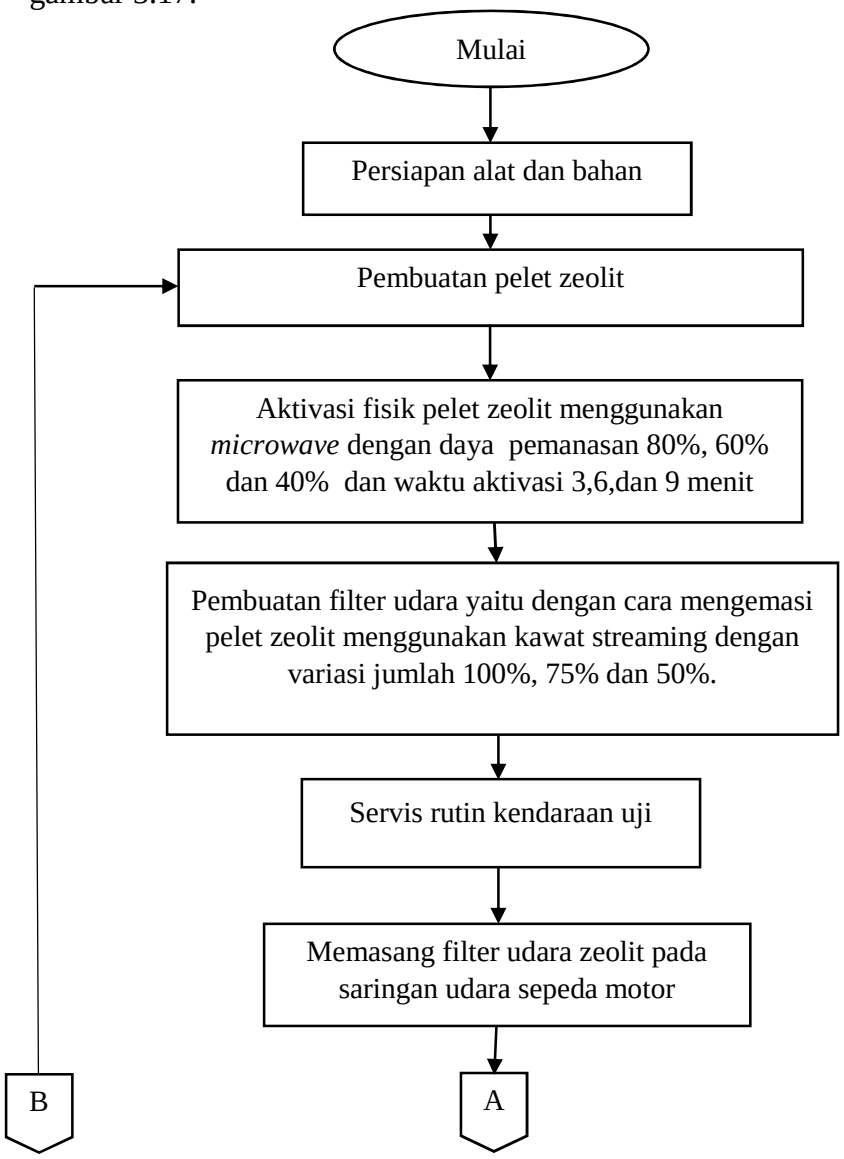
Pengujian jalan dilakukan di jalan Lintas Timur Seputih Banyak Lampung Tengah. Pengujian stasioner dan akselerasi dilakukan di Restu Baru Rumbia Lampung Tengah, Pengujian emisi gas buang dilakukan di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Lampung.

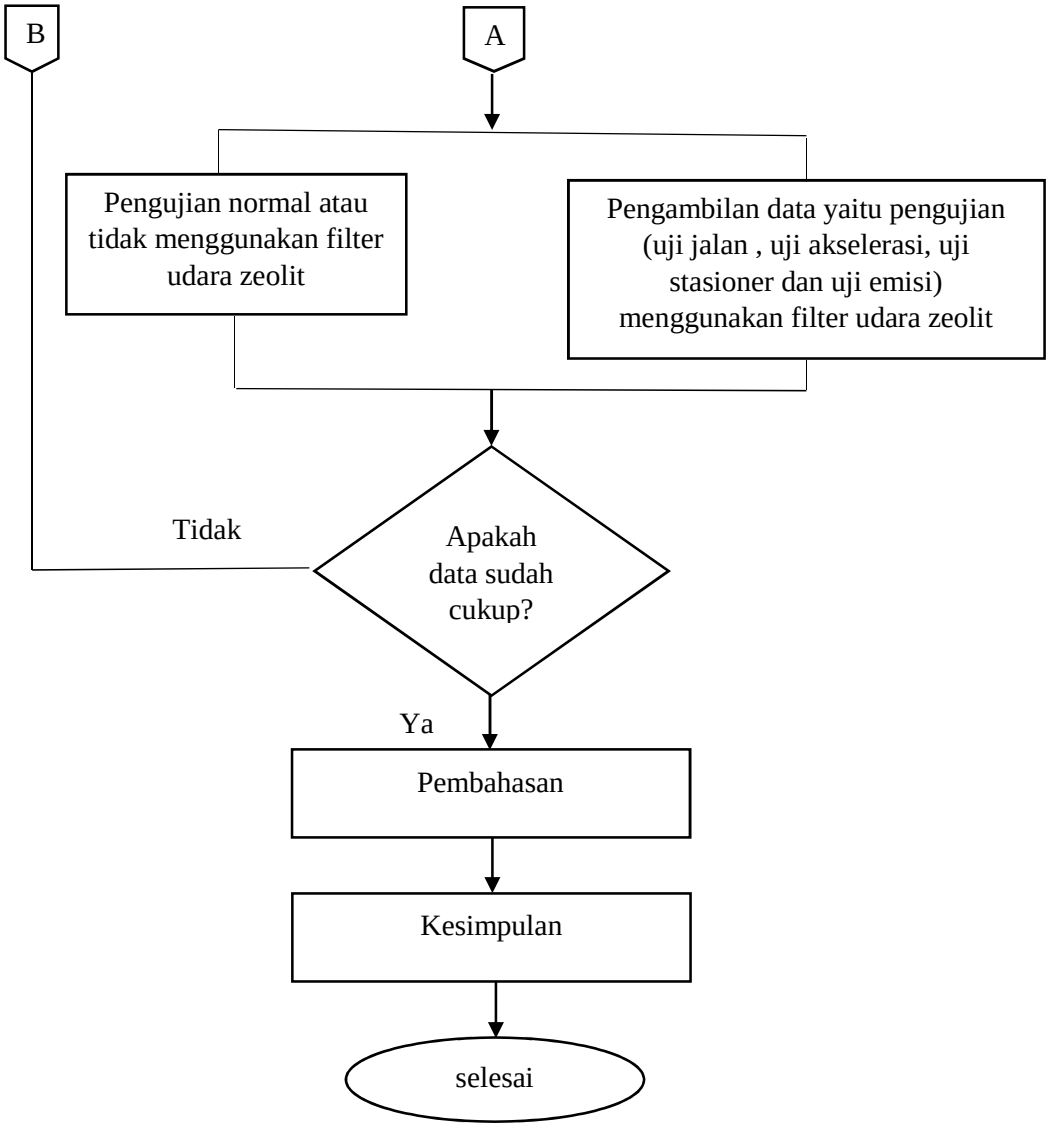
F. Analisi Data

Data hasil pengujian dianalisis dan disajikan dalam bentuk grafik sehingga diperoleh pengaruh waktu, daya dan jumlah pelet filter terbaik pada filter udara zeolit yang digunakan kendaraan bermotor.

G. Diagram Alir Penelitian

Berikut ini merupakan diagram alir dalam pembuatan dan pengujian filter udara zeolit aktivasi fisik *microwave.* Diagram alir tersebut dapat dilihat pada gambar 3.17.





Gambar 27. Diagram alir penelitian.

BAB V.
SIMPULAN DAN SARAN

A. Simpulan

Bedasarkan hasil pengujian pengaruh filter zeolit aktivasi fisik menggunakan *microwave* terhadap prestasi mesin bensin 4-langkah yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Waktu aktivasi terbukti mampu mempengaruhi prestasi mesin bensin 4-langkah, karena pada masing-masing waktu aktivasi konsumsi bahan dan waktu tempuh akselerasi berbeda-beda. Pada saat uji jalan dan stasioner waktu aktivasi 6 menit mampu menghemat bahan bakar paling signifikan sebesar 7,28%, 11,39% pada rpm 2500, dan 5,84% pada rpm 5000. Sementara itu, waktu aktivasi 3 menit pada uji jalan mampu menghemat 6,72% uji stasioner rpm 2500 sebesar 8,86%, dan rpm 5000 sebesar 3,25%. Sedangkan pada pengujian waktu tempuh akselerasi waktu 3 menit mampu meningkatkan waktu tempuh sebesar 6,53%, kemudian pada waktu aktivasi 6 menit sebesar 6,19%.
2. Semakin besar daya aktivasi maka konsumsi bahan bakar dan waktu tempuh akselerasi semakin baik Pada pengujian jalan daya 80% paling signifikan menghemat bahan bakar pada jumlah pelet 100%,

dengan persentase penghematan sebesar 10,03%,pada uji stasioner rpm 2500 sebesar 11,88%, dan stasioner rpm 5000 sebesar 8,84%. Pada daya aktivasi 60% jumlah pelet 100% penghematan bakar bakar yang digunakan sebesar 8,08%, uji stasioner rpm 2500 sebesar 9,90% dan rpm 5000 sebesar 7,48%. Selain itu, pada daya 80% dan 60% jumlah pelet 50% mampu meningkatkan waktu tempuh akselerasi sebesar 6,16% dan 6,06%

3. Persentase jumlah pelet mampu mempengaruhi prestasi mesin kendaraan, pada filter jumlah 100% dan 75% mendominasi pengujian konsumsi bahan bakar uji jalan dan uji stasioner, sedangkan pada filter jumlah pelet 50% mendominasi pada pengujian waktu tempuh akselerasi. Filter dengan kemampuan terbaik menghemat bahan bakar yaitu filter dengan jumlah pelet 100% memiliki persentase uji jalan sebesar 10,03%, sementara pada uji stasioner rpm 2500 jumlah pelet 100% dan 75% mampu menghemat sebesar 11,88% dan stasioner rpm 5000 sebesar 8,84%. Filter dengan jumlah pelet 50% yaitu dengan mampu meningkatkan waktu tempuh akselerasi dengan persentase 6,16%.
4. Dari pengujian emisi gas buang kendaraan mengunakan filter dengan persentase terbaik. Diperoleh penurunan kadar HC terbaik yaitu pada rpm 1500 yaitu sebesar 8,33 ppm (lebih kecil 13,37%). Selanjutnya penurunan kadar CO terbaik yaitu pada rpm 2500 sebesar 0,02% (lebih kecil 5,39%) serta kenaikan kadar CO_2 pada rpm 1500 sebesar 0,08% (lebih besar 5,07%).

B. Saran

Adapun saran dari penelitian pembuatan dan pengujian pengaruh filter zeolit aktivasi fisik menggunakan *microwave* terhadap prestasi mesin bensin 4-langkah adalah sebagai berikut:

1. Pada penelitian selanjutnya dilakukan variasi waktu aktivasi menggunakan *microwave* yang lebih banyak.
2. Dilakukan penelitian mengenai umur pakai filter zeolit.
3. Menggunakan motor dengan kapasitas mesin yang lebih besar (cc).
4. Mendesain filter zeolit sebaik mungkin, agar bisa menyatu dengan filter utama, sehingga berfungsi dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

Apriliando, E.S. 2017. *Penggunaan Fly Ash Dan Zeolit Untuk Menghemat Bahan Bakar Dan Mereduksi Emisi Gas Buang Sepeda Motor Bensin 4-Langkah.* Skripsi Jurusan Teknik Mesin-Universitas Lampung : Bandar Lampung.

Ari, A. P. 2014. *Pengaruh Variasi Normalitas NaOH pada Aktivasi Basa Fisik Zeolit Pelet Perekat Terhadap Prestasi Sepeda Motor Bensin 4-Langkah*. Jurnal Teknik Mesin: Universitas Lampung : Bandar Lampung.

Aziz, A. 2018. *Pengaruh Filter Udara Berbahan Zeolit Dan Fly ash (Batu Bara) Teraktivasi HCl-Fisik Terhadap Prestasi Mesin Sepedah Motor 4-Langkah.* Skripsi Jurusan Teknik Mesin-Universitas Lampung : Bandar Lampung.

BPS. 2018. *Volume produksi Pertambangan Bahan Galian Menurut Jenis Komuditas (m^3)* 2011-2017. http://www.bps.go.id/dynamictable/2016/02/04/1127/volume produksi-pertambangan-bahan-galian-menurut-jenis-komuditas-m3-2011-2017.html. Diakses pada 17 Juli 2019 pukul 10.30 WIB.

Daryanto. 2010. T*eknik Servis Mobil. Rineka Cipta*. Jakarta.

Ernadi, A. 2017. *Pemanfaatan Campuran Zeolit Alam-Fly Ash Batu Bara Yang telah dikativasi Fisik Untuk Meningkatkan Prestasi Mesin Bensin 4-Langkah.* Skripsi Jurusan Teknik Mesin-Universitas Lampung : Bandar Lampung.

Hanifan, P. 2019. *Jumlah Kendaraan di Indonesia, 162,3 Juta Unit, Lebih Dari Separuh Populasi Manusianya*. Http://motorisblog.com/jumlah-kendaraan-bermotor-di-indonesia-1623-juta-unit-lebih-dari-separuh-populasi-manusianya/. Diakses pada 17 juli 2019 Pukul 11.45 WIB.

.

Ismiyati, S.D. 2015. *Pengaruh Aktivasi Terhadap Zeolit Alam Lampung Sebagai Adsorben GAS CO2 Dari Biogas*. Jurnal Lembaga Penelitian dan Pengabdian Universitas Lampung : Bandar Lampung

Kementrian, ESDM. 2018. *Penuhi Kebutuhan Dalam Negri Segini Jumlah Impor Inyak RI*. Http://m.detik.com/finance/energi/d-42045224/penuhu-kebutuhan-dalam-negeri-segini-jumlah-impor-minyak-ri. Diakes pada Tanggal 17 Juli 2019 Pukul 11.30 WIB

Mahdi. 2006. *Pengaruh Pemanfaatan zeolite Yang Diaktivasi Fisik Pada Beragam temperature dan Waktu Pemanasan Terhadap Kinerja Motor Diesel-4 Langkah*. Skripsi Jurusan Teknik Mesin-Universitas Lampung : Bandar Lampung.

Poerwadi, B. 1998. Pemanfaatan Zeolit Alam Indonesia Sebagai Adsorben Limbah Cair dan Media Fluiditas dalam Kolom Fluidisasi. Jurnal MIPA Malang : Universitas Brawijaya : Malang.

Poerwadi, B. 2017. *Sistesis adsorben zeolit alam dengan bantuan microwave untuk adsorsi CO_2*. Jurnal Jurusan Teknik Kimia: Universitas Brawijaya. Malang.

Priyadi, N. 2007. *Pengaruh Pemenfaatan zeolit Alam Lampung Yang Diaktivasi Fisik Terhadap Prestasi Mesin Mobil Dengan Sistem Elektrik Fuel Injektion (EFI) 1600 cc*. Skripsi Jurusan Teknik Mesin-Universitas Lampung : Bandar Lampung.

Suryancoro, A. 2017. *Pengaruh Filter Udara Berbahan Bakar Zeolit dan Fl (Batu Bara) aktivasi NaOH-Fisik Terhadap Prestasi Mesin Sepeda Motor 4-Langkah.* Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung. Bandar Lampung.

Siswantoro. 2011. *Analisa Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor 4 Tak Berbahan Bakar campuran Premium Dengan variasi Penambahan Zat Aditif*. Jurnal Jurusan Teknik Mesin : Universitas Panca Sakti Tegal : Tegal.

Tans, P. & K. Thoning. 2018. Mole Fraction in Dry Air. *NOAA Earth System Research Laboratory Global Monitoring Division*. Colorado. 8 Pp.

Umam. H. I. 2018. Pengaruh pemanasan *microwave* terhadap morfologi dan luas permukaan material zeolit. Jurnal Industri Manufacturing: 3 (1): 11-14.

Wardono, H. 2004. *Modul Pembelajaran Motor Bakar*. Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung : Bandar Lampung.

Wikipedia. 2018. *Pengertian dan cara kerja microwave oven*. https://id.wikipedia.org/wiki/Oven_gelombang_mikro. Diakses pada tanggal 6 juni 2018.

https://www.google.com/search?safe=strict&tbm=isch&sxsrf=ACYBGNQ7oHcnQWs5meCWAivJB4cMnEnmDA%3A1568778978386&sa=1&ei=4qqBXZeUF4qm9QPxgJO4Cw&q=asap+gas+buang+kendaraan+sepeda+motor&oq=asap+gas+buang+kendaraan+sepeda+motor&gs_l=img.1. Diakses pada tanggal 28 Juli 2019 Pukul 13.00 WIB.

http://www.septapw.com/2017/07/dasar-otomotif-tentang-mesin-bensin-4.html. Diakses Pada tanggal 28 Juli 2019 Pukul 13.00 WIB.